

2002 P 01387



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENTAMT

12 Offenlegungsschrift  
10 DE 43 32 171 A 1

51 Int. Cl. 6:  
F 02 D 9/02  
F 02 D 21/08  
F 02 D 41/30  
F 02 D 45/00

21 Aktenzeichen: P 43 32 171.2  
22 Anmeldetag: 22. 9. 93  
43 Offenlegungstag: 23. 3. 95

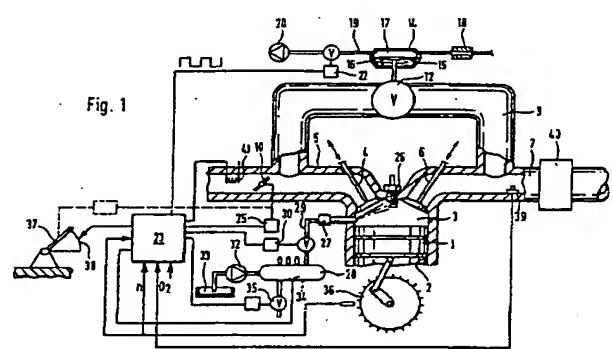
DE 4332171 A1

71 Anmelder:  
Robert Bosch GmbH, 70469 Stuttgart, DE

72 Erfinder:  
Stutzenberger, Heinz, Dr.-Ing. Dr., 71665 Vaihingen, DE

54 Verfahren zum Betrieb einer Viertaktbrennkraftmaschine mit Fremdzündung und Direkteinspritzung und Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens

57 Es wird zur Reduzierung der Kraftstoffverbräuche einer Brennkraftmaschine und Einhaltung optimaler Abgasemissionswerte vorgeschlagen, eine Brennkraftmaschine in fünf verschiedenen Kennfeldbereichen nach unterschiedlichen Kriterien zu betreiben, wobei in einem Bereich (1) bei völlig geöffnetem Ansaugquerschnitt unter Vermeidung einer Abgasrückführung der Kraftstoff in den Ansaugtakt der Brennkraftmaschine in den Brennraum eingebracht wird, in einem Bereich (2), wobei ebenfalls unterbundener Abgasrückführung zusätzlich der Ansaugquerschnitt verändert wird, in einem Bereich (3) bei einer geregelten Zufuhr von Abgasrückführungsmengen der Ansaugquerschnitt auf einem bestimmten kleinen Wert reduziert wird mit ebenfalls in den Ansaugtakt erfolgender Einspritzung, in einem Bereich (4) bei konstanter Teilöffnung des Ansaugquerschnitts und gesteuerter Abgasrückführungsmenge die Einspritzung mit abnehmender Last bis in den Kompressionstakt vor Zündbeginn verschoben wird und in einem Bereich (5) bei teilgeöffnetem Ansaugquerschnitt und unterbundener Abgasrückführung für die Einspritzung im Kompressionstakt vor Zündbeginn erfolgt, wobei die Vorgabe Kraftstoffeinspritzmenge und die Steuerung der Bereiche durch die Stellung eines Gaspedals des mit der Brennkraftmaschine betriebenen Fahrzeugs erfolgt.



DE 4332171 A1

## Stand der Technik

Die Erfindung geht von einem Verfahren gemäß der Gattung des Patentanspruchs 1 aus. Bei einem solchen, durch die EP-A 1 114 991 bekannten Verfahren wird mit Hilfe einer speziell ausgestalteten Kraftstoffeinspritzpumpe der Kraftstoff so in den jeweiligen Brennraum der Zylinder der zugehörigen Brennkraftmaschine eingespritzt, daß im unteren Lastbereich, d. h. bei Teillastbetrieb, der Brennkraftmaschine die Einspritzung kurz vor den oberen Totpunkt bzw. unmittelbar vor Zündung des Brennstoffluftgemisches in den Brennraum der Brennkraftmaschine erfolgt. Bei Vollast dagegen erfolgt die Einspritzung bei diesem bekannten Einspritzverfahren im Verlaufe des Ansaugtaktes des den Brennraum begrenzenden Brennkraftmaschinenkolbens im Bereich zwischen seinem oberen Totpunkt und seinem unteren Totpunkt. Dabei erfolgt die Zündung des sich in dem Brennraum bildenden Kraftstoffluftgemisches mittels einer Zündkerze und es wird die dem Brennraum zugeführte Luft ungedrosselt zugeführt, d. h. ohne eine bei fremdgezündeten Brennkraftmaschinen sonst übliche Drosselung der Ansaugluft durch eine Drosselklappe. Damit soll gemäß dem bekannten Verfahren eine wesentlich verbesserte Füllung der Brennräume verbunden mit einer Kraftstoffverbrauchsreduzierung möglich sein, wobei die Lastregelung durch die Steuerung der Einspritzmenge erfolgt. Bezüglich der Aufbereitung des einzuspritzenden Kraftstoffs wird dabei dem Umstand Rechnung getragen, daß bei einer großen Kraftstoffeinspritzmenge entsprechend dem Vollastbetrieb sich ein etwa stöchiometrisches Kraftstoffluftgemisch einstellen kann und deshalb der Kraftstoff rechtzeitig beim Saugtakt der Brennkraftmaschine bereits eingebracht wird, damit er sich bis zum Zeitpunkt seiner Zündung gut mit der vorhandenen Luft mischen kann. Bei kleinen Einspritzmengen ist jedoch entsprechend der ungedrosselten Luftzufuhr in den Brennraum ein wesentlich größerer Luftanteil im Verhältnis zum eingebrachten Kraftstoff vorhanden, so daß durch die Spätereinspritzung, insbesondere in die Nähe der Zündkerze ein trotzdem zündfähiges Gemisch erzielt wird.

Im Hinblick auf die angestrebte Reduzierung von Kraftstoffverbräuchen bei gleichzeitiger Senkung aller schädlichen Abgasbestandteile hat das bekannte Verfahren jedoch den Nachteil, daß im Teillastbereich sehr hohe Luftkraftstoffverhältnisse von  $\lambda = 5$  und größer auftreten; auch bei Magerbetrieb treten hohe NOx-Rohemissionen auf, die wegen des Luftüberschusses nicht katalytisch nachbehandelt werden können, so daß die Stickoxidemission größer ist als die vom Gesetzgeber vorgesehenen Werte. Dabei hat das bekannte Verfahren jedoch gegenüber Brennkraftmaschinen, die mit Ansaugluftdrosselung arbeiten und einer Regelung Abgasluftzusammensetzung auf  $\lambda = 1$  den Vorteil, daß es wesentlich bessere Verbräuche insbesondere im Teillastgebiet aufweist.

## Vorteile der Erfindung

Durch das erfindungsgemäße Verfahren gemäß den kennzeichnenden Merkmalen des Patentanspruchs 1 wird erzielt, daß der Verbrauchsvorteil, den das bekannte Verfahren bietet, im großen Maße beibehalten wird und dabei jedoch der Nachteil der hohen Schadstoff-

emission insbesondere im Teillastbereich vermieden wird. Durch die Steuerung des Luftansaugquerschnitts in dem bestimmten Betriebsbereich erhält man eine verbesserte Anpassung der Luftzahl  $\lambda$  an den gewünschten Wert  $\lambda = 1$  und durch die zusätzliche Rückführung von Abgas in dem sich daran anschließenden Betriebsbereich bei im wesentlichen konstant eingestelltem Luftansaugquerschnitt einen verbrauchssenkenden Magerbetrieb, bei geringer Schadstoffemission insbesondere in bezug auf die NOx-Bildung.

Mit der vorteilhaften Weiterbildung gemäß Patentanspruch 2 wird mit Regelung der Abgaszusammensetzung in dem oberen Teillastbereich eine optimale Senkung der Schadstoffemission erzielt, die gegenüber dem Normalbetrieb, bei dem keine Abgasrückführung erfolgt und der Ansaugquerschnitt ungedrosselt ist wesentlich verbessert ist. Man erhält in diesem Bereich des oberen Teillastgebietes dabei weiterhin eine gute Leistungsabgabe und Beschleunigungsfähigkeit, ähnlich wie im Vollastbereich, während in dem sich daran anschließenden Betriebsbereich durch die Abgasrückführung und dem dort einsetzenden Magerbetrieb eine Senkung des Kraftstoffverbrauchs bei guter Abgasqualität erzielt wird.

In der Ausgestaltung nach Anspruch 3 wird für den Bereich, in dem der Luftansaugquerschnitt gesteuert wird, durch einen frühen Einspritzbeginn eine optimale Aufbereitung des eingebrachten Kraftstoffs erzielt, wobei in vorteilhafter Weise die Einspritzung im Bereich von  $90^\circ$  nach dem oberen Totpunkt des Kolbens des jeweiligen Zylinders erfolgt, da in diesem Bereich eine optimale Luftbewegung aufgrund der großen Kolbengeschwindigkeit auftritt.

Entsprechend der Ausgestaltung nach Anspruch 4 ergibt sich durch den so eingerichteten Vollastbetriebsbereich eine optimale Füllung der Brennräume durch den nicht gedrosselten Luftansaugquerschnitt und durch die Steuerung der Kraftstoffeinspritzmenge in Abhängigkeit von der Stellung des Gaspedals eine gewünschte, einstellbare Anreicherung bis auf Luftzahlwerte  $\lambda = 0,8$  bis  $1,0$  bei denen eine sichere Zündung des Kraftstoffluftgemisches noch erfolgt.

In vorteilhafter Weiterbildung gemäß Patentanspruch 5 wird in dem sich an den oberen Teillastbereich mit gesteuertem Luftansaugquerschnitt anschließenden Bereich zunächst die Abgasrückführung bei im wesentlichen konstanter Luftansaugquerschnittseinstellung geregelt entsprechend Abgasparametern, so daß sich hier im Übergang vom oberen Teillastbereich zu unteren Lastbereichen noch eine sehr gute Schadstoffemission einstellt, bei der trotz beginnendem Magerbetrieb sowohl die NOx-Bildung reduziert wird als auch die Ladungswechselverluste reduziert werden durch die zusätzliche geregelte Zufuhr von rückgeführtem Abgas. In dem sich daran anschließenden oberen Teil des unteren Lastbereiches gemäß Patentanspruch 6 wird in Verbindung mit Patentanspruch 10 die Abgasrückführrate in Abhängigkeit von der Kraftstoffeinspritzmenge bzw. von der Stellung des Gaspedals gesteuert und dabei der zunehmenden Abmagerung insofern Rechnung getragen, als mit abnehmender Last der Spritzbeginn vom zuvor eingehaltenen Bereich von  $90^\circ$  nach Ansaugbeginn bei OT nun bis kurz vor dem oberen Totpunkt in den Kompressionstakt verschoben wird, vorzugsweise  $40^\circ$  bis  $50^\circ$  Kurbelwinkel vor dem oberen Totpunkt. Hier wird der sicheren Zündfähigkeit Rechnung getragen, bei gleichzeitig durch die Abgasrückführung reduzierter Schadstoffemission auf der NOx-Seite.

Gemäß der Weiterbildung nach Anspruch 11 wird im unteren Teil des unteren Lastbereichs die Abgasrückführung unterbunden, da bei der konstant eingestellten Drosselung des Luftansaugquerschnitts in diesem Bereich die Füllung derart reduziert werden kann, daß sich zusammen mit dem eingespritzten Kraftstoff bei dieser niedrigen Laststufe eine Luftzahl  $\lambda$  von etwa 2,5 ergibt, bei welchem Wert eine hohe Stickstoffemission noch nicht eintritt. Die Kraftstoffeinspritzung erfolgt in diesem Falle vorteilhafterweise wiederum bei einem späten Zeitpunkt gemäß Patentanspruch 12, um zur Zündung ein noch zündfähiges Gemisch zu bekommen. In diesem unteren Lastbereich, der dem Leerlauf der Brennkraftmaschine entspricht, erhält man somit eine vertretbare Laufruhe bei einer hohen Schadstoff- und Verbrauchssenkung, was sich insbesondere dann positiv bemerkbar macht, wenn der Leerlaufbetrieb, z. B. bei in Verkehrsballungsräumen bewegten Kraftfahrzeugen, einen hohen Anteil annimmt.

Die Steuerung des Luftansaugquerschnitts im oberen Teillastbereich erfolgt vorteilhaft gemäß Patentanspruch 15 durch das Gaspedal über ein Schlepplglied, mit dessen Hilfe die Drosselklappe zwischen einer Vollaststellung und einer Teilöffnungsstellung bewegbar ist, wobei über diese Stellungen hinaus sich das Gaspedal weiter bewegen kann zur Erzeugung eines Stellungsgebersignals, durch das die Steuerung der Kraftstoffeinspritzmenge erfolgt. In weiterer vorteilhafter Ausgestaltung läßt sich der Teillastanschlag in Abhängigkeit vom Saugrohrunterdruck verstellen, so daß hier durch die Lage der Drosselklappe bei dennoch im wesentlichen konstanter Drosselklappenstellung eine gewisse Anpassung an den Füllungsgrad der Brennräume mit Luft und rezirkuliertem Abgas erfolgen kann und zu hohe  $\lambda$ -Werte vermieden werden. Dies ist insbesondere vorteilhaft für den unteren Teil des unteren Lastbereichs.

#### Zeichnung

Drei Ausführungsbeispiele der Erfindung sind in der Zeichnung dargestellt und werden in der nachfolgenden Beschreibung näher erläutert. Es zeigen

Fig. 1 eine schematische Darstellung einer nach dem erfindungsgemäßen Verfahren betriebenen Brennkraftmaschine,

Fig. 2 ein Diagramm des Betriebsfeldes der Brennkraftmaschine mit Unterteilung verschiedener Lastbereiche, in denen die Brennkraftmaschine nach Maßgabe der Erfindung betrieben wird,

Fig. 3 eine abgewandelte Ausführung einer Drosselklappenbetätigung zur Veränderung des Luftansaugquerschnitts mit mechanischer Kopplung zwischen Gaspedal und Drosselklappe sowie mit festen Anschlägen und

Fig. 4 eine Abwandlung der Ausgestaltung nach Fig. 3 mit einem variablen Anschlag für die Teillaststellung der Drosselklappe.

#### Beschreibung der Ausführungsbeispiele

Fig. 1 zeigt in grob schematischer Darstellung einen Zylinder einer mehrzylindrigen Brennkraftmaschine mit einem Kolben 1, der im Zylinder 2 einen Brennraum 3 begrenzt, in den gesteuert durch ein Einlaßventil 4 eine Ansaugleitung 5 mündet und von dem gesteuert durch ein Auslaßventil 6 eine Abgasleitung 7 abführt. Von dieser zweigt eine Abgasrückführleitung 9 ab zur Ansaug-

leitung 5 stromabwärts eines in die Ansaugleitung 5 eingesetzten Drosselorgans 10, das eine üblicherweise bekannte Drosselklappe sein kann. In der Abgasrückführleitung 9 befindet sich ein Abgasrückführungsmengensteuerventil 12, das auch eine Drosselklappe sein kann und das im gezeigten Ausführungsbeispiel pneumatisch gesteuert wird mit Hilfe einer Druckdose 14, die eine Stellmembran 15 aufweist, mit der das Ventilglied des Abgasrückführventils 12 gekoppelt ist und die von einer Stellfeder 16 beaufschlagt ist. Diese Membran teilt die Druckdose in einen Referenzdruckraum und einen Steuerraum 17, der über eine Drossel 18 entlastbar ist und über eine Unterdruckleitung 19 mit einer Unterdruckquelle 20 verbindbar ist über ein Steuerventil 22, das entweder analog oder getaktet angesteuert Steuerungssignale von einer Steuereinrichtung 23 erhält, durch die der Druck im Steuerdruckraum 17 veränderbar ist.

Die Steuereinrichtung 23 steuert ferner auch über eine Stellvorrichtung 25 das Drosselorgan 10 in der Ansaugleitung.

In dem Brennraum 3 ragt ferner eine Zündkerze 26 und ein Einspritzventil 27, durch das gegen den Kompressionsdruck im Brennraum Kraftstoff eingespritzt werden kann und zwar so, daß der eingespritzte Kraftstoff in die Nähe des an der Zündkerze überspringenden Zündfunken gerät. Das Einspritzventil 27 wird von einem Hochdruckspeicher 28 mit Kraftstoff versorgt über eine Einspritzleitung 29, die ein Steuerventil 30 enthält, das ebenfalls von der Steuereinrichtung 23 angesteuert wird. Der Hochdruckspeicher wird von einer Kraftstoffhochdruckpumpe 32, die Kraftstoff aus einem Kraftstoffvorratsbehälter 33 ansaugt mit Kraftstoff versorgt, der auf Einspritzdruck gebracht ist. Dabei kann der Druck im Hochdruckspeicher durch einen Drucksensor 34 von der Steuereinrichtung 23 erfaßt werden, die wiederum ein Entlastungsventil 35 des Druckspeichers zur Einhaltung eines bestimmten Speicherdruckes steuert. Alternativ dazu kann auch die Fördermenge der Kraftstoffhochdruckpumpe gesteuert werden, so daß nicht unnötig viel Kraftstoff auf Einspritzdruck gebracht werden muß, der dann überflüssigerweise wieder abgeführt werden muß. Aus dem Hochdruckspeicher 28 werden auch die übrigen Kraftstoffeinspritzventile der Brennkraftmaschine versorgt und auch entsprechend diese Kraftstoffentnahme durch Steuerventile 30 gesteuert.

Die Vorgabe der Kraftstoffeinspritzmenge erfolgt durch ein Gaspedal 37, mit dem ein Stellungsgeber 38 verbunden ist, dessen Ausgangssignal die Steuereinrichtung 23 als Drehmomentwunsch des Fahrers des Kraftfahrzeuges, mit dem die Brennkraftmaschine betrieben wird, weitergegeben wird. Entsprechend diesem Drehmomentwunsch oder auch Fahrgeschwindigkeitswunsch, wird die Kraftstoffeinspritzmenge durch Ansteuerung des Steuerventils 30 in dem Brennraum 3 eingebracht. Das Steuergerät ist ferner noch mit einem Drehzahlgeber und Kurbelwellenwinkelgeber 36 der Brennkraftmaschine verbunden, um seine Steuerfunktionen im Arbeitstakt der einzelnen Zylinder der Brennkraftmaschine durchführen zu können. Dies sind bekannte Ausgestaltungen, die hier nicht näher erläutert werden müssen. Ferner ist in der Abgasleitung 7 ein Sauerstoffsensor 39 vorgesehen, der in bekannter Weise den Sauerstoffabgas und somit den Lambdawert, die Luftzahl  $\lambda$ , ermittelt. Es ist keine Breitbandsonde notwendig, die die Luftzahl  $\lambda$  bestimmen kann, sondern es reicht eine normale Sonde, die mit einem Spannungssprung bei  $\lambda = 1$  reagiert. Diese Sauerstoffsonde 39 ist ebenfalls mit der Steuereinrichtung 23 verbunden zur

Durchführung der nachstehend dargestellten Betriebsweise der Brennkraftmaschine. Diese wird anhand der Fig. 2 erläutert. Dort ist das Kennfeld einer Brennkraftmaschine aufgetragen mit dem Mitteldruck  $P_{me}$  über der Drehzahl  $n$ . Dieses Kennfeld ist in übereinander angeordnete Bereiche aufgeteilt, wobei der Bereich 1 dem Vollastbereich der Brennkraftmaschine entspricht. In diesem Bereich wird gemäß der Erfindung die oben beschriebene Brennkraftmaschine derart betrieben, daß das Drosselorgan 10 ganz geöffnet ist, so daß keine Drosselung der Ansaugluft über den Ansaugquerschnitt erfolgt. Dabei wird durch die Steuereinrichtung entsprechend der Stellung des diesen Betriebsbereich darstellenden Gaspedals 37 die Vollastkraftstoffmenge zur Einspritzung gebracht. Mit Hilfe der Ansteuerung des Steuerventils 30 kann dabei durch den Öffnungszeitpunkt des Steuerventils der Einspritzzeitpunkt und die Dauer der Öffnung des Steuerventils die Einspritzmenge bestimmt werden. Für diesen Vollastbereich wird der Kraftstoff gemäß der Erfindung im Bereich des Ansaugtaktes des Kolbens 1 in den Brennraum 3 eingespritzt. Vorteilhafterweise erfolgt diese Einspritzung in einem Bereich, wo optimale Luftbewegungen im Brennraum vorhanden sind, was im Bereich der größten Kolbenbewegungsgeschwindigkeiten vorliegt kurz vor bis kurz nach  $90^\circ$  nach dem oberen Totpunkt des Kolbens. Durch diese Einspritzung ist gewährleistet, daß bis zum Zündzeitpunkt über den weiteren Ansaugtakt und dem sich anschließenden Kompressionstakt der eingebrachte Kraftstoff optimal mit der eingebrachten Luftmenge vermischen kann, so daß zum Zündzeitpunkt ein gut zündfähiges und komplett durchbrennbares Gemisch vorliegt. In diesem Betriebsbereich ist das Abgasrückführventil geschlossen, so daß keine Abgasrückführung erfolgt und sich somit entsprechend der gesteuerten Kraftstoffeinspritzmenge und der angesaugten Luftmenge ein Gemisch einstellt, das im Bereich von  $\lambda$  von 0,8 bis 1,0 liegt, einem Bereich also bei dem der beste Drehmomentaufbau zu erwarten ist und eine sichere, noch abgasverträgliche Verbrennung erfolgt.

Dem Betriebsbereich 1 schließt sich ein Betriebsbereich 2 an, wo die Brennkraftmaschine mit einem Luftwert von  $\lambda = 1$  betrieben wird ohne daß Abgas rückgeführt wird. Zu diesem Zwecke ist in diesem sich anschließenden oberen Teillastbereich das Drosselorgan 10 verstellbar entsprechend der Verstellung des Gaspedals, so daß vom Vollastbereich bei ganz offener Stellung ausgehend mit abnehmender Last eine Verringerung des Ansaugquerschnittes erfolgt. Zugleich wird dabei die Kraftstoffeinspritzmenge so variiert, daß sich als Ergebnis dieser Steuerung ein Luftverhältnis von  $\lambda = 1$  einstellt. In diesem Bereich kann auch eine Regelung auf ein stöchiometrisches Luftverhältnis von  $\lambda = 1$  erfolgen mit Hilfe der Ausgangssignale der Sauerstoffsonde 39, wobei dabei entsprechend dieser Signale zusätzlich die Kraftstoffeinspritzmenge geregelt wird. Die Einspritzung erfolgt wie im oben beschriebenen Bereich 1 ebenfalls wieder während des Ansaugtaktes in einem Kurbelwellenwinkelbereich von etwa  $90^\circ$  nach dem oberen Totpunkt des Kolbens. Bei dieser Betriebsweise kann die Abgasemission auch positiv durch einen nachgeschalteten Abgaskatalysator 40 reduziert werden. Es ergibt sich eine gute Leistungsabgabe im hohen Lastbereich bei optimal reduzierter Schadstoffemission, wobei allerdings ein etwas höherer Kraftstoffverbrauch in Kauf genommen wird gegenüber einer Betriebsweise mit magerer Gemischbildung wie es beim Stand der Technik bekannt ist.

Dem Bereich 2, dem oberen Teillastbereich schließt sich daraufhin ein Bereich 3 an, ein mittlerer Teillastbereich, bei dem das Drosselorgan 10 durch die Steuereinrichtung 23 in eine Teilöffnungsstellung gebracht wird und zusätzlich das Abgasrückführventil 12 angesteuert wird. Dabei werden zusätzlich zu der entsprechend der Stellung des Gaspedals 37 zugemessenen Kraftstoffmenge Abgasrückführungsmengen geregelt zugeführt und zwar in Abhängigkeit vom Ausgangssignal der Sauerstoffsonde 39, so daß sich ein Luftverhältnis von  $\lambda = 1$  einstellt. Durch diese Betriebsweise wird der Verbrauch gegenüber einer konventionellen gemischansaugenden, fremdgezündeten Brennkraftmaschine wegen der reduzierten Ladungswechselverluste verbessert und zugleich die Möglichkeit geschaffen, katalytisch eine Senkung der Abgasemission zu erzielen über die Abgasrückführung und der eingestellten Luftzahl von  $\lambda = 1$ . Der Einspritzbeginn liegt wiederum entsprechend der noch relativ hohen Kraftstoffeinspritzmenge im Bereich von  $90^\circ$  nach dem oberen Totpunkt des Kolbens der Brennkraftmaschine. Die Öffnungsstellung der Drosselklappe kann dabei durch Anschläge festgelegt werden, wie das in Fig. 3 näher dargestellt ist oder eingestellt werden, wie es in Fig. 4 dargestellt ist. Hier wird der Teillastanschlag so verändert, daß sich etwa ein konstanter Saugrohrunterdruck einstellt.

Dem Bereich 3 folgt als einem oberen Teil des unteren Lastbereiches ein Betriebsbereich 4, bei dem ebenfalls wie im Bereich 3 das Drosselorgan 10 eine im wesentlichen konstante Teilöffnungsstellung, einnimmt. Für diesen Bereich wird eine Betriebsweise mit einem Luftverhältnis  $\lambda$  größer 1 vorgesehen, so daß eine genaue Regelung des Luftverhältnisses nicht mehr angestrebt wird. Es ist hier der Übergang zu einem kraftstoffsparenden Magerbetrieb vorgesehen, wobei zur Reduzierung der Drosselverluste weiterhin eine Steuerung des geführten Abgases erfolgt und zwar in Abhängigkeit von der Kraftstoffeinspritzmenge bzw. der Stellung des Gaspedals 37. Alternativ dazu kann aber auch die Abgasrückführung komplementär zur angesaugten Luftmenge erfolgen, so daß eine ständig gleichmäßige Füllungsrate des Brennraums eingehalten wird. Dazu wird die angesaugte Luftmenge durch einen Luftmengensensor 41 erfaßt und entsprechend dieser Luftmenge die Öffnung des Abgasrückführventils 12 gesteuert. Entsprechend dem Magerbetrieb wird nun auch in der Folge mit zunehmender Abmagerung und sinkender Last der Einspritzzeitpunkt von dem ehemals  $90^\circ$  nach dem oberen Totpunkt im Saugtakt des Kolbens hin in den Kompressionstakt verlagert bis kurz vor den oberen Totpunkt bzw. vor Zündung des Kraftstoffluftgemisches. Vorzugsweise erfolgt die Verschiebung des Einspritzbeginns bis in Bereiche von  $40^\circ$  bis  $60^\circ$  Kurbelwellenwinkel vor den oberen Totpunkt. Dabei wird der eingespritzte Kraftstoff in die Nähe der Zündkerze gebracht, so daß sich trotz erheblicher globaler Abmagerung in diesem Bereich ein zündfähiges Kraftstoffluftgemisch bildet und der eingebrachte Kraftstoff somit sicher gezündet werden kann. Der zugeordnete Katalysator 40 kann in diesem Bereich nur oxidierend wirken, so daß sich die Senkung der  $\text{NO}_x$ -Emission im Abgas vorwiegend über die Abgasrückführung ergibt.

Im letzten Bereich der Kennfelddarstellung nach Fig. 2, dem Bereich 5 entsprechend einem unteren Teil des unteren Lastbereiches ist wiederum das Drosselorgan 10 im wesentlichen auf eine konstante Teilöffnung eingestellt, es erfolgt jedoch keine Abgasrückführung

mehr, da für diesen Bereich Lambdawerte wesentlich größer 1 angestrebt werden. Die Einspritzung erfolgt hierbei im Kompressionstakt kurz vor Zündung, vorzugsweise im Bereich von 40° bis 60° Kurbelwellenwinkel vor dem oberen Totpunkt des Kolbens. Mit Hilfe einer Drosselorganöffnungsbegrenzung gemäß der Ausgestaltung nach Fig. 4 kann hierbei ein konstanter Saugrohrunterdruck eingestellt werden, so daß sich für diesen Bereich keine Luftzahlen ergeben, die größer als  $\Lambda = 2,5$  sind. Für diesen Wert ergibt sich eine optimale Reduzierung der NOx-Bildung auch ohne Abgasrückführung vor einem weiteren Anstieg der NOx-Anteile bei höheren Luftzahlwerten  $\Lambda$ . Gleichzeitig wird eine zu starke Abmagerung mit negativen Auswirkungen auf Laufstabilität und die Emission unverbrannter Kohlenwasserstoffe vermieden.

Die Steuerung des Drosselorgans 10 im Betriebsbereich 2 und ihrer Einstellung in den übrigen Betriebsbereichen kann entweder elektronisch über die Steuereinrichtung 23 erfolgen, indem die Gaspedalstellung abgefragt wird und entsprechend den einzelnen Betriebsweisen das Drosselorgan durch elektrische Ansteuerung der Stellvorrichtung 25 in die entsprechend richtige Position gebracht wird. Kostengünstiger ist allerdings eine mechanische bzw. pneumatische Drosselorganverstellung entsprechend den Fig. 3 und 4. Dabei handelt es sich um eine mechanische Verbindung zwischen Gaspedal 37 und Drosselorgan 10, die allerdings nicht starr ist, sondern so gestaltet ist, daß ein vollständiges Verschließen des Drosselorgans bei sehr kleinen Fahrpedalwinkeln verhindert wird. Dies kann z. B. mit Hilfe eines in die mechanische Verbindung zwischen Gaspedal und Drosselorgan eingesetzten Schleppglieds 42 erfolgen, das bei unbelastetem Drosselorgan 10, d. h. wenn der mit diesem verbundene Stellhebel 43 nicht in Anlage an einem Vollastanschlag 44 oder einem Teillastanschlag 45 ist, eine quasi starre Verbindung zwischen Gaspedal 37 und Stellhebel 43 herstellt. Dies erfolgt aufgrund der eingespannten Federn 46 und 47 im Schleppglied, die einen Kupplungsteller 48, der über ein Gestänge 49 mit dem Stellhebel 43 verbunden ist in einer mittleren Lage innerhalb einer Federkapsel 50 des Schleppglieds hält, die die Federn 46 und 47 beidseits des Kupplungstellers aufnimmt und die über ein Gestänge 51 mit dem Gaspedal 37 verbunden ist. Durch diese Ausgestaltung kann bei kleinen Fahrpedalwinkeln entsprechend kleiner Last als durch die Teilöffnung des Drosselorgans vorgegeben das Fahrpedal mittels Krafteinwirkung der Rückstellfeder 52 auf dieses Fahrpedal zurückgehen unter Komprimierung der Feder 46, wobei der Stellhebel 43 am Teillastanschlag 45 stehenbleibt und das Drosselorgan seine Teilöffnung beibehält. Da das Gaspedal mit seiner Stellung die Kraftstoffeinspritzmenge bestimmt kann dieses ungehindert seine Steuerfunktionen durchführen, ohne daß das Drosselorgan dabei bewegt wird bis zu dem Punkt, wo dann der Kupplungsteller 48 seine neutrale Stellung einnimmt und der Stellhebel 43 abhebend vom Teillastanschlag 45 durch das nunmehr quasi starre Gestänge 51, 49 in Richtung weiterer Öffnung des Ansaugquerschnitts zum Vollastanschlag 44 hin bewegt wird. Beim Vollastanschlag wiederum angekommen, kann das Gaspedal noch weitere Stellbewegungen entgegen der Kraft der Feder 47 durchführen, so daß hier eine zusätzliche Anfeuchtung des Kraftstoffluftgemisches bei einem Beschleunigungsfall durch Erhöhung der Kraftstoffeinspritzmenge durchgeführt werden kann.

Vorteilhaft insbesondere für den Betriebsbereich 3 bis 5 kann es auch sein, wenn die Ansaugung im Füllvor-

gang des Brennraums 3 nicht zu stark gedrosselt wird. Mit Hilfe der Ausgestaltung nach Fig. 4 läßt sich hier im Teillastbereich ein in Grenzen variabler Teillastanschlag realisieren. Somit kann erzielt werden, daß der Saugrohrunterdruck nahezu konstant gehalten werden kann, so daß sich auch in der Folge keine Luftwerte über  $\Lambda = 2,5$  einstellen und somit in bezug auf die Abgasemission und die Verbrennungsstabilität vertragliche Betriebsbedingungen eingehalten werden.

Wird für den Schubbereich der Brennkraftmaschine, bei dem also das Gaspedal nicht betätigt ist, aber die Drehzahl der Brennkraftmaschine höher ist als die Leerlaufdrehzahl, ein größeres Bremsmoment von der Brennkraftmaschine her benötigt, so ist es auch möglich, daß in diesem Falle das Drosselorgan über eine zweite Druckdose und über ein Elektromagnetventil ganz geschlossen wird.

Die Steuerung des Teillastanschlags bei der Ausgestaltung nach Fig. 4 erfolgt so, daß statt dem festen Teillastanschlag 45 wiederum ein Schleppglied 54 vorgesehen ist, das jedoch nur in einer Richtung wirksam ist. Der Stellhebel 43 ist dabei mit einer Federkapsel 55 verbunden, in der eine Feder 56 eingespannt ist und einen Kupplungsteller 57 in Anlage an der äußersten Stirnseite der Federkapsel hält. Der Kupplungsteller ist über ein Gestänge 58 mit einer Stellmembran 59 verbunden, die in einer Druckdose 60 eingespannt ist und dort einen Steuerdruckraum 61 begrenzt, der über eine Unterdruckleitung 62 mit dem Saugrohr 5 stromabwärts des Drosselorgans 10 verbunden ist. Je nach Höhe des Saugrohrunterdrucks bewegt die Stellmembran 59 den Kupplungsteller 57 stärker nach rechts, dabei zieht die über die Feder 56 gekoppelte Federkapsel 55 den Stellhebel 43 in Öffnungsrichtung des Drosselorgans nach rechts. Der Kupplungsteller 57 stellt somit den Teillastanschlag dar, aus dem heraus der Stellhebel 43 entgegen der Kraft der Feder 56 zum Vollastanschlag 44 hin bewegt werden kann. Liegt der Kupplungsteller 57 bei zurückgenommenem Gaspedal 37 jedoch an der Federkapsel an, so kann das Gaspedal trotz festgehaltenem Stellhebel 43 um den Ausweichweg des Schleppglieds 42 zurückgenommen werden.

Bei der oben beschriebenen Kraftstoffeinspritzvorrichtung wurde eine sogenannte Common-Rail-Einspritzvorrichtung beschrieben, mit der sich optimal verschiedene Einspritzzeitpunkte in weiten Grenzen und Einspritzmengen genau steuern lassen. Statt einer solchen Einrichtung kann jedoch auch eine andere Einspritzvorrichtung, wie z. B. eine Einspritzpumpe mit einer im weiten Bereich steuerbaren Spritzbeginnsteuer-einrichtung verwendet werden.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zum Betrieb einer Viertakt-Brennkraftmaschine mit Fremdzündung und Direkteinspritzung von Kraftstoff in den jeweiligen Brennraum der insbesondere mehrzylindrigen Brennkraftmaschine und mit Steuerung des Einspritzbeginns derart, daß bei Vollastbetrieb die Kraftstoffeinspritzung in den Brennraum im Bereich des Ansaugtaktes zwischen dem oberen Totpunkt (OT) und dem unteren Totpunkt (UT) des Kolbens des jeweiligen Zylinders der Brennkraftmaschine bei ungedrosselter Luftzufuhr in dem Brennraum der Brennkraftmaschine erfolgt und im unteren Lastbereich der Brennkraftmaschine die Einspritzung kurz vor dem oberen Totpunkt vor der Zündung



erfolgt, dadurch gekennzeichnet, daß innerhalb eines bestimmten Betriebsbereiches des Kennfeldes der Brennkraftmaschine zwischen Vollastbetrieb und dem unteren Lastbereich die Öffnung des Luftansaugquerschnitts der Brennkraftmaschine über ein Ansaugdrosselorgan (10) in Abhängigkeit von einem über ein Gaspedal (37) eingegebenen Drehmomentenwunsch gesteuert wird und in den übrigen Betriebsbereichen jeweils eine im wesentlichen konstante Stellung des Ansaugdrosselorgans eingestellt wird und daß entsprechend der Gaspedalstellung im gesamten Kennfeld der Brennkraftmaschine die Kraftstoffeinspritzmenge gesteuert wird und zusätzlich die Menge von rückgeführtem Abgas innerhalb eines bestimmten Betriebsbereiches im Kennfeld der Brennkraftmaschine, der an dem vorgenannten bestimmten Betriebsbereich, in dem der Luftansaugquerschnitt gesteuert wird, anschließt wenigstens gesteuert wird und in dem der Ansaugluftquerschnitt auf einen im wesentlichen konstanten Wert eingestellt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Betriebsbereich des Kennfeldes der Brennkraftmaschine, in dem die Öffnung des Ansaugdrosselorgans (10) in Abhängigkeit von der Gaspedalstellung verändert wird, in einem oberen Teillastbereich, die Kraftstoffeinspritzmenge zusätzlich entsprechend einem Abgasparameter, insbesondere dem Sauerstoffgehalt des Abgases, geregelt wird auf eine Luftzahl in der Größe von  $\Lambda = 1$  und eine Abgasrückführung unterbunden wird.

3. Verfahren nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß der Einspritzbeginn des Kraftstoffs im Ansaugtakt des Kolbens des jeweiligen Zylinders liegt, vorzugsweise im Bereich von  $90^\circ$  Kurbelwellenwinkel nach Ansaugbeginn bei OT.

4. Verfahren nach Anspruch 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Betriebsbereich des Kennfeldes der Brennkraftmaschine, in dem das Ansaugdrosselorgan eine wenigstens im wesentlichen konstante Öffnungsstellung für den Luftansaugquerschnitt einnimmt, in einem Vollastbetriebsbereich, diese Öffnungsstellung, durch einen festen Anschlag für ein Betätigungsorgan der Ansaugdrosselorgan (10) bestimmt ein vollständiges Öffnen des Luftansaugquerschnitts bewirkt, und in dem die Abgasrückführung unterbunden wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Betriebsbereich des Kennfeldes der Brennkraftmaschine, in dem das Ansaugdrosselorgan (10) eine im wesentlichen konstante Öffnungsstellung für den Luftansaugquerschnitt einnimmt, in einem zwischen dem oberen Teillastbereich und dem unteren Lastbereich liegender mittlerer Teillastbereich diese Öffnungsstellung eine Teilöffnung des Luftansaugquerschnittes umfaßt und die Abgasrückführung durch ein Abgasrückführmengensteuerorgan (12) in Abhängigkeit von einem Abgasparameter, insbesondere dem Sauerstoffgehalt des Abgases, so geregelt wird, daß sich ein Luftwert von  $\Lambda = 1$  einstellt.

6. Verfahren nach Anspruch 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Betriebsbereich des Kennfeldes der Brennkraftmaschine, in dem das Ansaugdrosselorgan (10) eine im wesentlichen konstante Öffnungsstellung für den Luftansaugquerschnitt einnimmt, in einem oberen Teil des unteren Lastbereiches diese Öffnungsstellung eine Teilöffnung des Luftansaugquerschnitts bewirkt und die Abgasrückführung durch ein im wesentlichen mittelbar in Abhängigkeit von der Last betätigtes Abgasrückführsteuerorgan verändert wird.

7. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Abgasrückführmenge in Abhängigkeit von der Gaspedalstellung verändert oder geregelt wird.

8. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Abgasrückführmenge in Abhängigkeit von der angesaugten Luftmenge verändert oder geregelt wird.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 bis 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Einspritzbeginn im Ansaugtakt des jeweiligen Brennkraftmaschinenzylinders liegt, vorzugsweise in einem Bereich von  $90^\circ$  nach Ansaugbeginn beim oberen Totpunkt (OT) des Kolbens der Brennkraftmaschine.

10. Verfahren nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß der Einspritzbeginn mit abnehmender Last von vorzugsweise im Bereich von  $90^\circ$  nach dem oberen Totpunkt liegenden Kurbelwellenwinkeln bis  $40^\circ$  bis  $60^\circ$  Kurbelwellenwinkel vor dem oberen Totpunkt im Kompressionstakt des jeweiligen Brennkraftmaschinenzylinders gelegt wird.

11. Verfahren nach Anspruch 1 bis 10, dadurch gekennzeichnet, daß in dem Betriebsbereich des Kennfeldes der Brennkraftmaschine, in dem das Ansaugdrosselorgan (10) eine im wesentlichen konstante Öffnungsstellung für den Luftansaugquerschnitt einnimmt, in einem unteren Teil des unteren Lastbereiches die Öffnungsstellung des Ansaugdrosselorgans eine Teilöffnung des Luftansaugquerschnitts bewirkt und die Abgasrückführung unterbunden wird.

12. Verfahren nach Anspruch 11, dadurch gekennzeichnet, daß der Einspritzbeginn im Bereich von  $40^\circ$  bis  $60^\circ$  Kurbelwellenwinkel vor dem oberen Totpunkt (OT) im Kompressionstakt des jeweiligen Brennkraftmaschinenzylinders liegt.

13. Einrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der vorstehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, daß das Gaspedal (37) mit einem Stellungsgeber (38) gekoppelt ist, dessen Signalausgang mit einer Steuereinrichtung (23) verbunden ist, durch die eine Kraftstoffeinspritzvorrichtung bezüglich des Einspritzbeginns und der Kraftstoffeinspritzmenge steuerbar ist und die Steuereinrichtung (23) ferner mit einem Abgassensor (39), einem Drehzahlgeber sowie einem Kurbelwellenwinkelgeber (36) zur zeitgerechten Durchführung der Steuerfunktionen verbunden ist.

14. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung (23) mit einem Steuerausgang mit einer Stelleinrichtung (25) zur Positionierung des Ansaugdrosselorgans (10) verbunden ist.

15. Vorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, daß das Gaspedal (37) über ein Schleppglied (42) mit einem Betätigungsglied (43) des Ansaugdrosselorgans (10) verbunden ist, das zwischen einem Vollastanschlag (44) und einem Teillastanschlag (45) verstellbar ist, wobei das Gaspedal in Betätigungsrichtung zum Öffnen des Ansaugdrosselorgans (10) über die Verstellung des Ansaugdrosselorgans bis zum Vollastanschlag hin-

aus unter Einfederung des Schleppgliedes verstellbar ist und über den Anschlag am Teillastanschlag hinaus in Richtung Schließen des Ansaugdrosselorgans unter Einfederung des Schleppglieds in anderer Richtung ebenfalls verstellbar ist.

16. Vorrichtung nach Anspruch 14 bis 15, dadurch gekennzeichnet, daß die Steuereinrichtung mit einem Steuerausgang mit einer Stelleinrichtung eines Abgasrückführsteuerorgans (12) in einer Abgasrückführleitung (9) verbunden ist.

17. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Teillastanschlag (44) ein fester Anschlag ist.

18. Vorrichtung nach Anspruch 15, dadurch gekennzeichnet, daß der Teillastanschlag ein in Abhängigkeit vom Saugrohrunterdruck verstellbarer Anschlag (57) ist.

Hierzu 2 Seite(n) Zeichnungen

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

- Leerseite -



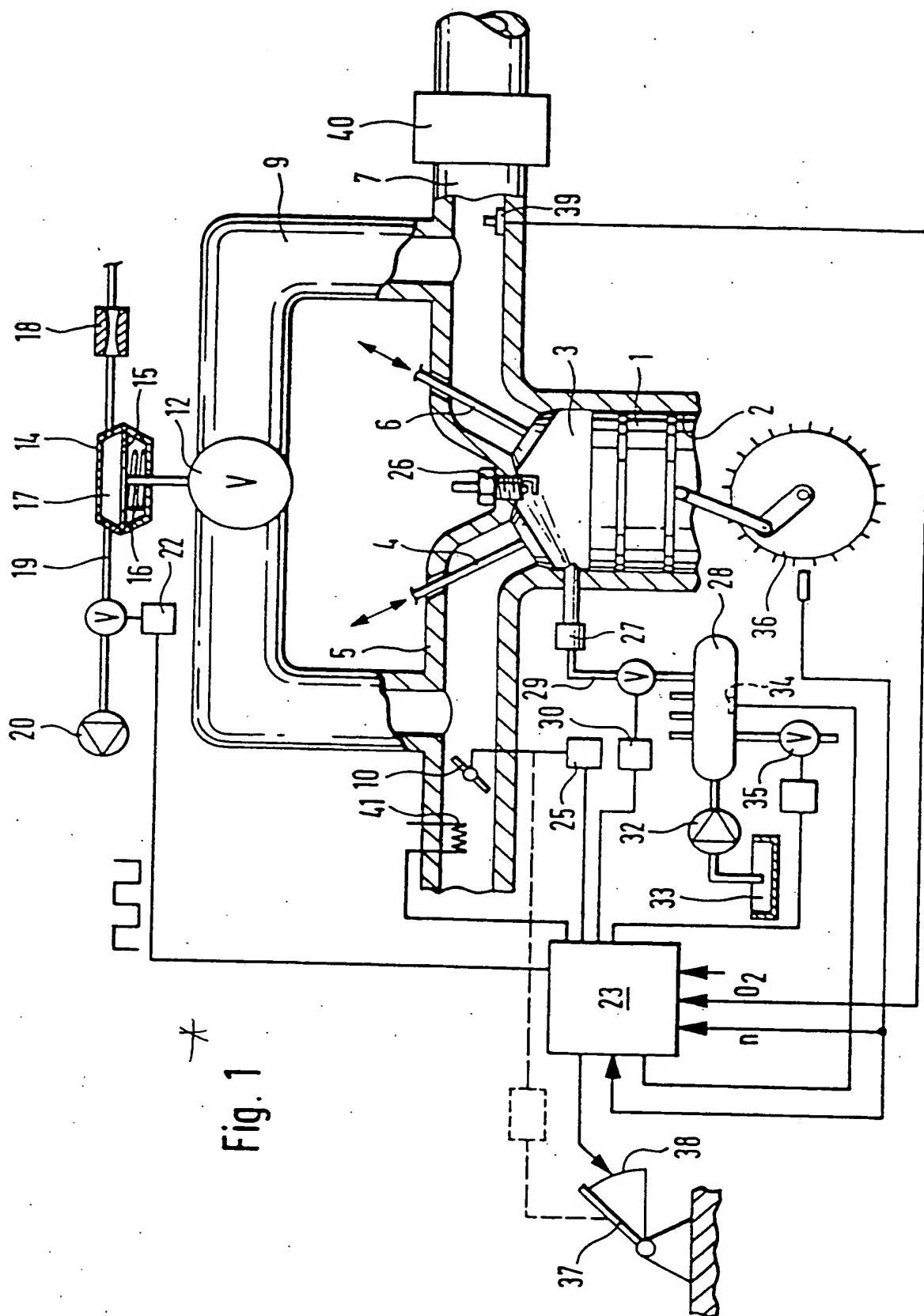


Fig. 1

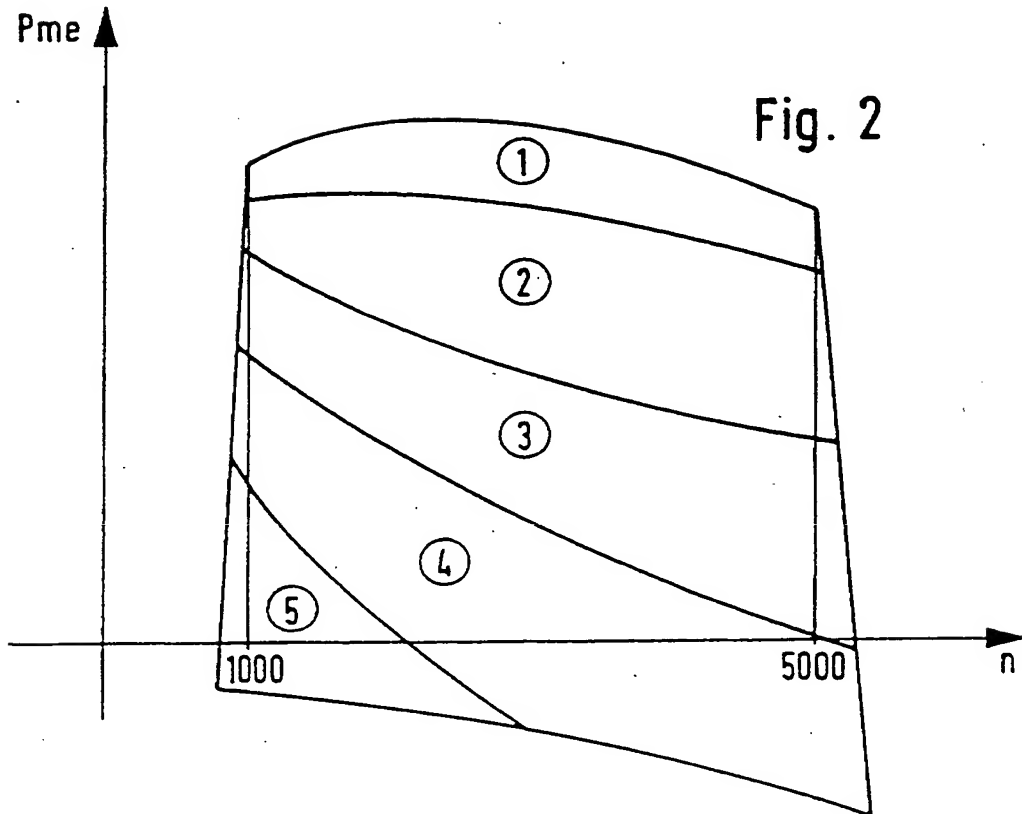


Fig. 2

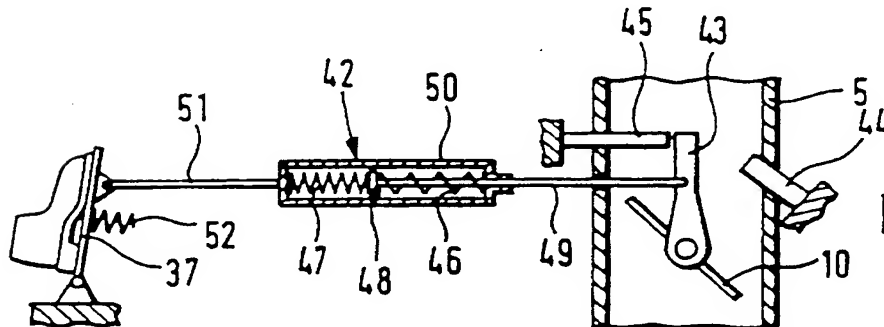


Fig. 3

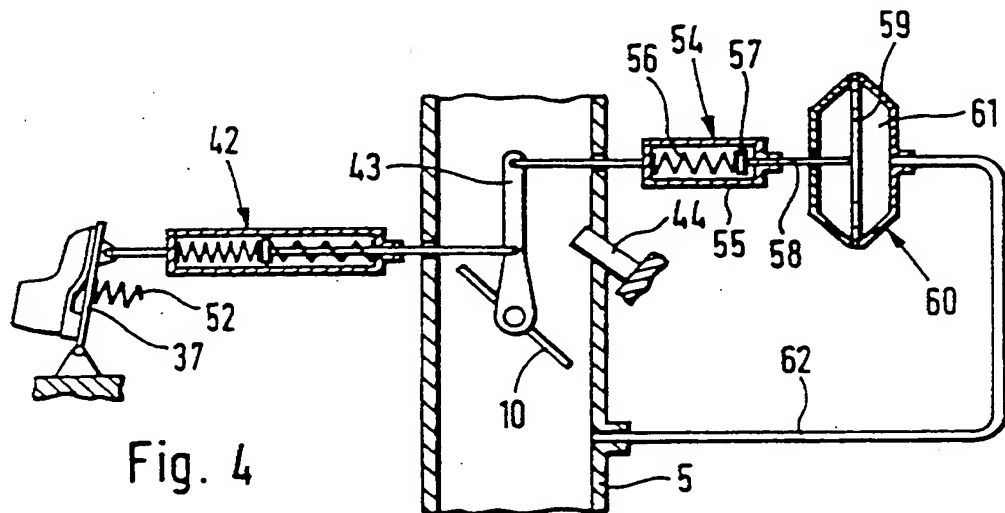
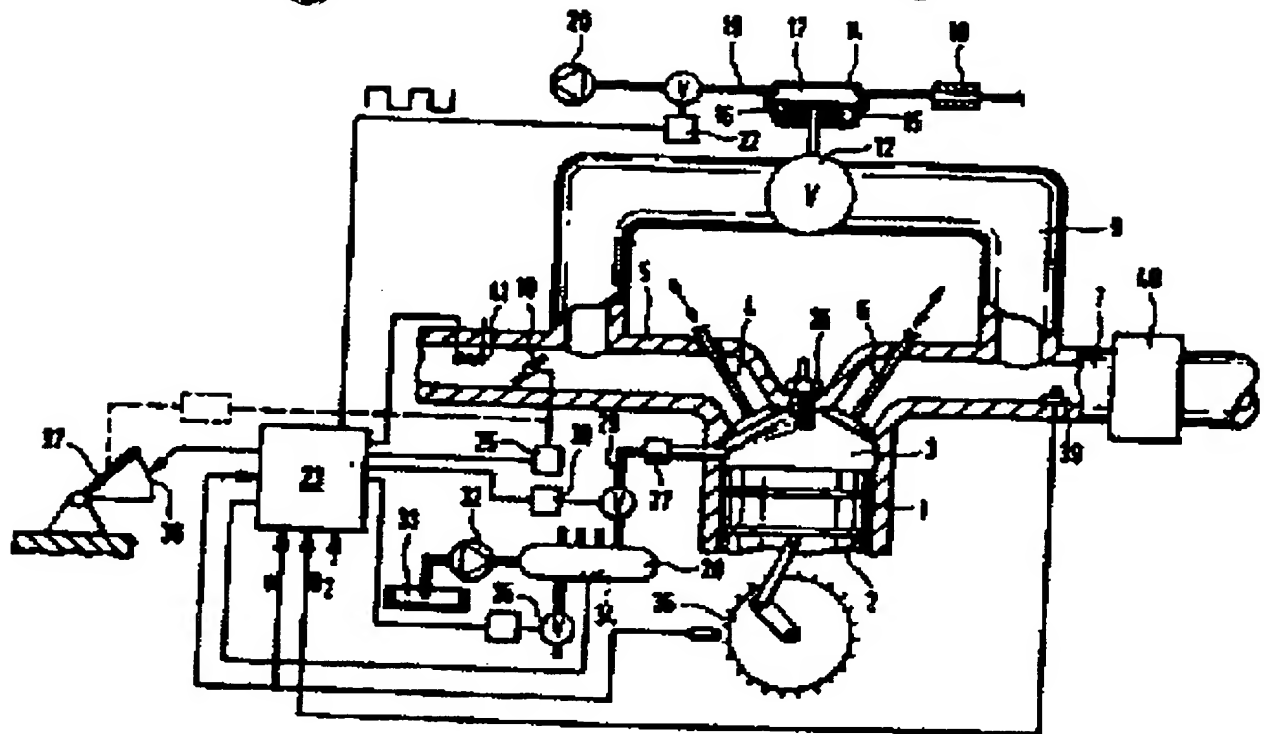


Fig. 4

AN: PAT 1995-123998  
TI: Control of spark ignition four-stroke engine opening  
throttle valve at angle dependent on accelerator pedal position  
and controlling exhaust recirculation valve in response to  
quantity of fuel or air  
PN: DE4332171-A1  
PD: 23.03.1995  
AB: The quantity of fuel injected is dependant on the  
accelerator pedal position and at high load the fuel is  
injected 90 degrees after Top Dead Centre on the induction  
stroke and 40 to 60 degrees before TDC on the compression  
stroke at low load. The throttle valve (10) is fully open at  
full load and open at an angle dependant on the accelerator  
pedal position at lower load. At intermediate loads the valve  
(10) has a set partly open position. The exhaust recirculation  
valve (12) is closed at high and low loads and is controlled in  
response to the quantity of fuel or air in parts of the  
intermediate load range. The fuel quantity may be adjusted in  
response to an oxygen sensor (39). A control device (23)  
receiving engine speed and pedal position signals may control  
the valves (10 and 12) and/or the valve (10) may have a  
mechanical lost-motion connection to the pedal (37).; Reduces  
fuel consumption and avoids high emission fo toxic substances.  
PA: (BOSC ) BOSCH GMBH ROBERT;  
IN: STUTZENBERGER H;  
FA: DE4332171-A1 23.03.1995; DE4332171-C2 19.09.2002;  
GB2282185-A 29.03.1995; US5483934-A 16.01.1996;  
GB2282185-B 09.04.1997;  
CO: DE; GB; US;  
IC: F02B-003/04; F02B-005/00; F02D-009/02; F02D-011/06;  
F02D-021/08; F02D-037/00; F02D-041/30; F02D-043/00;  
F02D-045/00;  
MC: X22-A03A1; X22-A03A2C; X22-A03B2;  
DC: Q52; X22;  
FN: 1995123998.gif  
PR: DE4332171 22.09.1993;  
FP: 23.03.1995  
UP: 23.09.2002

**THIS PAGE BLANK (USPTO)**



**THIS PAGE BLANK (USPTO)**

Docket # S3-02P01381  
Applic. # PCT/DE2003/002982  
Applicant: HIRN, RAINER ET AL.  
Lerner and Greenberg, P.A.  
Post Office Box 2480  
Hollywood, FL 33022-2480  
Tel: (954) 925-1100 Fax: (954) 925-1101